

УДК 621.762.4

И.С.Алексеев, канд. техн. наук, В.В.Пятов, канд. техн. наук,
А.В.Карпушко

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ПРЕССОВАНИЯ

Ротационное прессование порошковых материалов - новый высокопроизводительный процесс формирования длинномерных изделий, являющийся непосредственным развитием метода шнекового формирования и *conform* - метода.

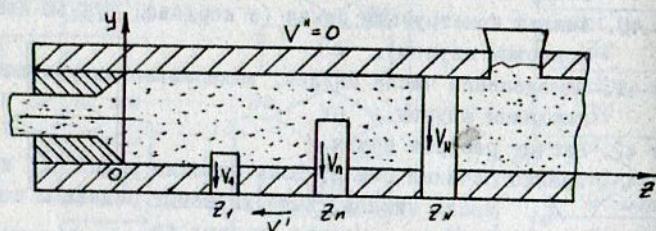


Рис. 1. Расчетная схема процесса ротационного прессования

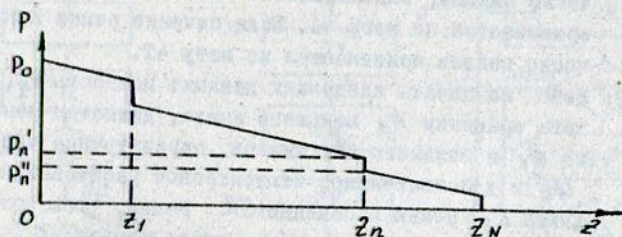


Рис. 2. Распределение давления по длине канала ротационного устройства

Целью настоящей работы является получение математической модели процесса ротационного прессования порошковых материалов и ее анализ, который позволит рассчитывать оптимальные параметры элементов прессующих устройств.

Схема процесса изображена на рис. 1, характер распределения давления по длине канала показан на рис. 2.

Порошковый материал перемещается от зоны загрузки к матрице по каналу с помощью специальных пластин, способных радиально перемещаться с заданной скоростью. Канал находится на боковой поверхности вращающегося со скоростью V' диска и имеет постоянное по длине сечение. Наружная поверхность канала принадлежит неподвижному башмаку, скорость которого $V'' = 0$.

На материал в направлении прессования действуют как давление со стороны пластин, так и трение о подвижную внутреннюю поверхность канала. Сила трения о неподвижную наружную поверхность канала направлена противоположно перемещаемому порошку. Под действием этих сил материал уплотняется и продавливается через матрицу.

Инерционные силы, возникающие при вращении колеса, невелики по сравнению с давлением прессования, поэтому нами рассматривается плоская схема.

Давление прессования в выходном сечении равно сумме перепада давлений между пластинами и скачков давления на пластинах $P_n' - P_n''$ (см. рис. 2), где P_n' и P_n'' - давления на передней и задней поверхностях пластин соответственно; n - номер пластины, считая от матрицы.

Рассматриваемый процесс является квазистатическим, так как заметные изменения параметров происходят за время, значительно превышающее время релаксации системы, т.е. распространение давления в материале происходит значительно быстрее перемещения пластин.

Зависимость давления прессования P от координаты z на участке между соседними пластинами определена в работе

$$z = d \ln \frac{(P_{n-1}'' - e)(f - P)}{(f - P_{n-1}'')(P - e)}, \quad z_{n-1} < z < z_n, \quad (1)$$

где $P_0'' = P_0' = P_0 = P(0)$ - давление в выходном сечении; e - корни квадратного уравнения

$$a + bP + cP^2 = 0; \quad (2)$$

$$e = -\sqrt{b^2/4c^2 - a/c} - b/2c; \quad d = \frac{1}{2c} \sqrt{b^2/4c^2 - a/c};$$

$$f = \sqrt{b^2/4c^2 - a/c} - b/2c; \quad (3)$$

$$a = \frac{a_2 l_2 - a_1 l_1}{S}; \quad b = \frac{b_2 l_2 - b_1 l_1}{S};$$

$$c = \frac{c_2 l_2 - c_1 l_1}{S} \quad (4)$$

Здесь a_1, b_1, c_1 и a_2, b_2, c_2 - коэффициенты, характеризующие зависимость касательных напряжений на подвижной и неподвижной поверхностях канала соответственно от давления прессования [2, с. 543],

$$\tau_1 = a_1 + b_1 P + c_1 P^2, \quad \tau_2 = a_2 + b_2 P + c_2 P^2; \quad (5)$$

l_1 и l_2 - части периметра поперечного сечения канала, соответствующие границам подвижной и неподвижной поверхностей; S - площадь поперечного сечения канала.

Связь между давлениями на противоположных сторонах соседних пластин и координатой одной из них находили, подставляя эту координату в (1):

$$Z_n = d \ln \frac{(P_{n-1}' - e)(f - P_n')}{(f - P_{n-1}'')(P_n' - e)} \quad (6)$$

В процессе прессования материал перемещается медленнее пластин как за счет уплотнения, так и за счет выдавливания через зазоры между пластинами и башмаком в обратном направлении. Пренебрегая потерями при трении на расстоянии, равном толщине пластин, найдем скачок давления на n -й пластине [3]:

$$P_n' - P_n'' = G_S \ln \frac{S}{S_n}, \quad (7)$$

где G_S - предел текучести материала; S_n - площадь поперечного сечения зазора над n -й пластиной.

Система (6) - (7) содержит $2N$ уравнений и $2N+1$ неизвестных величин. Она имеет следующее граничное условие:

$$P_N'' = G \cdot g \cdot H,$$

где G - насыпная плотность материала; g - ускорение свободного падения; H - высота канала.

Физический смысл этого условия следующий: за последней пластиной, в месте расположения бункера, давление должно создаваться только весом материала (иначе его захват из бункера будет затруднен).

Полученная математическая модель процесса ротационного прессования порошковых материалов позволяет оптимизировать этот процесс и выработать рекомендации по конструированию различных прессующих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пятов В.В., Алексеев И.С., Ахтанин О.Н. Оптимизация геометрических параметров канала с подвижными и неподвижными стенками при формовании порошковых материалов // *Tendencje rozwojowe w technologii maszyn. Zielona Gora, 1990*.
2. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1986.
3. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М., 1957.

УДК 621.762

А.В.Степаненко, академик, В.В.Пятов, канд. техн. наук, И.С.Алексеев, канд. техн. наук, А.Л.Коваленко

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ ФОРМОВАНИЯ

Целью настоящей работы является получение зависимости распределения напряжений в формирующем инструменте при формовании трубчатых изделий из порошковых материалов или при нанесении покрытия на стержень.

На рисунке изображена схема зоны формования. Материал выдавливается через зазор между внутренней поверхностью матрицы 1 и наружной поверхностью оправки 2. Матрица имеет коническую часть длиной Z_1 и цилиндрическую часть длиной $Z_2 - Z_1$. Радиусы входного и выходного сечений матрицы Z_2 и Z_1 соответственно. Оправка представляет собой цилиндрический стержень